

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-317531

(P2000-317531A)

(43) 公開日 平成12年11月21日(2000. 11. 21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーム(参考)

B 2 1 D 22/02

B 2 1 D 22/02

B 5 H 0 2 6

22/26

22/26

C

// H 0 1 M 8/02

H 0 1 M 8/02

B

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平11-127978

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1

(22) 出願日

平成11年5月10日(1999. 5. 10)

(72) 発明者 松井 宗久

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 野々山 史男

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(74) 代理人 100095669

弁理士 上野 登 (外1名)

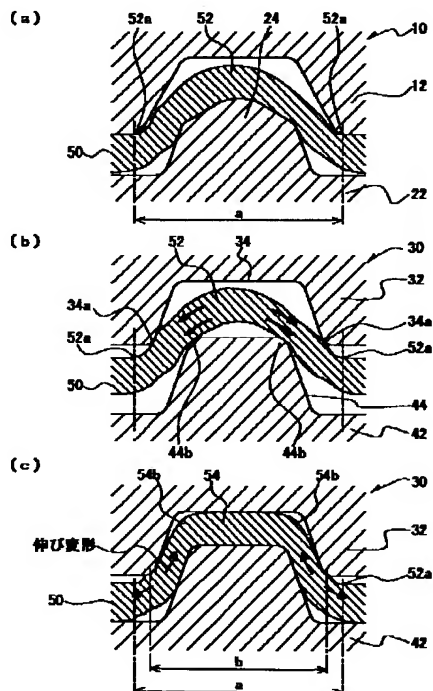
Fターム(参考) 5H026 AAD6 BB02 CC04

(54) 【発明の名称】 板材のプレス加工方法

(57) 【要約】

【課題】 プレス加工により板材の表面に緻密に配列した多数の微小突起を形成する場合において、弾性回復に起因する成形品のそりを抑制することが可能であり、しかも、板厚減少に起因する割れを防止することが可能な板材のプレス加工方法を提供すること。

【解決手段】 塑性変形可能な板材50にプレスによって複数の突起54を形成する場合において、第1のプレス型10を用いて突起54を形成したい部分に張出し部52を形成する。次いで、第2のプレス型30を用いて、第1工程において形成された張出し部52の周縁部52aより張出し部52の中心に近い内側部分を押圧し、突起54を完成させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 塑性変形可能な板材にプレスによって複数の突起を形成する板材のプレス加工方法において、第1のプレス型を用いて突起を形成したい部分に張出し部を形成する第1工程と、

第2のプレス型を用いて前記第1工程において形成された前記張出し部の周縁部より前記張出し部の中心に近い内側部分を押し、突起を完成させる第2工程とを備えている板材のプレス加工方法。

【請求項2】 前記第1のプレス型は、凸型の頂部が丸型であることを特徴とする請求項1に記載の板材のプレス加工方法。

【請求項3】 前記第2のプレス型は、凸型の頂部が平型であることを特徴とする請求項1に記載の板材のプレス加工方法。

【請求項4】 前記第1工程と前記第2工程の間に、第3のプレス型を用いて、前記第1工程において形成された前記張出し部の周縁部より前記張出し部の中心に近い内側部分であり、かつ、前記第2のプレス型と前記張出し部が接する部分より外側部分を押し、前記第1工程において形成された前記張出し部の高さをさらに高くする工程を備えていることを特徴とする請求項1に記載の板材のプレス加工方法。

【請求項5】 前記塑性変形可能な板材が燃料電池セパレータ用材料であることを特徴とする請求項1に記載の板材のプレス加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、板材のプレス加工方法に関し、特に、燃料電池の接触集電及びガス通路形成のために用いられる、多数の突起が緻密に配列した燃料電池用金属セパレータの製造方法として好適な板材のプレス加工方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】板材のプレス加工は、他の加工方法に比較して、生産性が高く、材料歩留も高いことから、自動車、家電製品等に用いられる部品の製造方法として使用されている。

【0003】例えば、固体高分子型燃料電池においては、燃料ガス、酸化剤ガス及び生成水の流路を構成すると共に、各電極と接触させて集電するために、セパレータと呼ばれる部品が使用される。このセパレータは、電極が接合された電解質膜（以下、これを「電極・電解質膜接合体」という）を両面から挟持するための薄板状の部品であり、電極と接触する表面には、多数の独立した突起、あるいは連なった突起が形成されている。

【0004】このような燃料電池用セパレータには、従来から、ガス不透過性かつ導電性に優れ、しかも、酸化水蒸気雰囲気下でも安定した低接触抵抗を示す緻密カーボングラファイトが用いられていた。また、緻密カーボ

ングラファイトは、展伸性がないので、セパレータ表面の突起は、専ら機械加工により形成されていた。

【0005】しかしながら、緻密カーボングラファイト製のセパレータは、材料自体が高価であることに加え、表面の突起を機械加工により形成しているために、加工コストが高く、量産も困難であった。そのため、生産性が高く、低コストな燃料電池用セパレータとして、金属薄板をプレス加工することにより、表面に多数の独立した突起、あるいは連なった突起を形成した金属セパレータが注目されている。

【0006】例えば、特開平10-233220号公報には、1ショットプレス加工により金属薄板の両面に溝状の流路を形成してプレスプレートとし、このプレスプレートの両面に、中央部に開口部を有するマスクプレートを接合したものをセパレータとして用いた固体高分子型燃料電池が開示されている。

【0007】また、特開平10-302814号公報には、プレス加工によりステンレス鋼板の表面に凹凸を形成してセパレータとし、セパレータ表面の凹凸が互いにかみ合うように、電極・電解質膜接合体をセパレータで挟持した固体高分子型燃料電池が開示されている。

【0008】また、特開平10-241709号公報には、ステンレス鋼、アルミ、チタン等の金属板の表面に流路を区画する彫出成形部を成形して共通プレス板とし、共通プレス板の周囲をシリコンゴム等のゴム材料で被覆することにより反応ガス流路及び冷媒流路を形成し、これをセパレータとして用いた固体高分子型燃料電池が開示されている。

【0009】さらに、特開平10-228914号公報には、プレス加工によりステンレス鋼板の両面に多数個の彫出成形部を形成し、彫出成形部の先端側端面に、厚さ0.01~0.02μmの金メッキ層を形成した燃料電池用セパレータが開示されている。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、プレス加工により金属薄板から各種形状、寸法を有する製品を製造する場合、加工後にプレス型から成形品を取り出すと、プレス型から受けている拘束力が取り除かれるために、いわゆる弾性回復（スプリングバック）が生じ、成形品がプレス型の形状、寸法とは異なる形状に変形するという問題がある。

【0011】また、金属薄板が変形する際、材料がプレス型内部で流動するが、特に過酷な変形を受ける部分では、周囲からの材料流入が少ないために、板厚が減少したり、あるいは割れが発生するという問題がある。

【0012】このような弾性回復と割れの発生は、成形品の形状が複雑になるほど、また、成形品に要求される寸法精度が高くなるほど大きな問題となる。例えば、燃料電池用のセパレータとして金属セパレータを用いる場合、反応ガスの流路内に滞留する水の排出を容易化する

ためには、セパレータ表面に連なった突起を形成するよりも、独立した多数の突起を設ける方が好ましい。また、集電効率を高めるためには、比較的大きな突起を粗く配列させるよりも、多数の微小突起を緻密に配列させる方が好ましい。

【0013】しかしながら、プレス加工により薄板に多数の微小突起を緻密に配列させる場合、配列が緻密になるほど弾性回復に起因する変形量が大きくなるという問題がある。また、突起先端の角部は、突起頂部からの材料流入が少ないために板厚が薄くなり、割れが発生しやすいという問題がある。

【0014】燃料電池用セパレータに形状不良や割れが発生すると、シール性が低下し、反応ガスや冷媒が漏出するおそれがあるので、プレス加工により金属セパレータを製造するに際しては、形状不良と割れを回避することが重要となる。しかしながら、このような問題を解決する具体的手段は、上述した先行技術文献においては、何ら言及されていない。

【0015】本発明が解決しようとする課題は、プレス加工により板材の表面に緻密に配列した多数の微小突起を形成する場合において、弾性回復に起因する成形品のそりを抑制することが可能な板材のプレス加工方法を提供することにある。

【0016】また、本発明が解決しようとする他の課題は、プレス加工により板材の表面に緻密に配列した多数の微小突起を形成する場合において、板厚減少に起因する割れを防止することが可能な板材のプレス加工方法を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明は、塑性変形可能な板材にプレスによって複数の突起を形成する板材のプレス加工方法において、第1のプレス型を用いて突起を形成したい部分に張出し部を形成する第1工程と、第2のプレス型を用いて前記第1工程において形成された前記張出し部の周縁部より前記張出し部の中心に近い内側部分を押し、突起を完成させる第2工程とを備えていることを要旨とするものである。

【0018】上記構成を有する本発明に係る板材のプレス加工方法によれば、第1工程において板材に張出し部が形成されると、張出し部の周縁部には、形状不良の原因となる曲げモーメントが発生する。次いで、第2工程において、張出し部の周縁部近傍の内側付近が第2のプレス型により押しされると、張出し部の周縁部より内側部分の凹型側に伸び変形が付与される。そのため、第1工程において発生した曲げモーメントが相殺され、弾性回復に起因するそりの発生を抑制することができる。

【0019】ここで、前記第1のプレス型は、凸型の頂部が丸型（例えば、球面状の型）であることが望ましい。また、前記第2のプレス型は、凸型の頂部が平型で

あることが望ましい。第1のプレス型の凸型の頂部を丸型とすると、板材に張出し部を形成する際、局所的な板厚減少が抑制されるので、張出し部の板厚分布を一樣にすることができる。また、第2のプレス型の凸型の頂部を平型にすれば、完成した突起先端の平坦部の面積を広くすることができる。

【0020】また、前記第1工程と前記第2工程の間に、第3のプレス型を用いて、前記第1工程において形成された前記張出し部の周縁部より前記張出し部の中心に近い内側部分であり、かつ、前記第2のプレス型と前記張出し部が接する部分より外側部分を押し、前記第1工程において形成された前記張出し部の高さをさらに高くする工程を備えていてもよい。これにより、局所的な板厚減少、及びこれに伴う割れの発生をさらに抑制することができる。

【0021】さらに、前記塑性変形可能な板材は、燃料電池セパレータ用材料であることが望ましい。本発明を用いれば、形状不良と割れの発生が大幅に軽減されるので、板厚が薄く、しかも、多数の微小突起が緻密に配列した、集電性能に優れた燃料電池用セパレータを安価に製造することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施の形態について詳細に説明する。本発明に係る板材のプレス加工方法は、板材表面に複数の突起を形成するに際し、プレス工程を少なくとも第1工程及び第2工程の2段階に分けて行う点に特徴がある。

【0023】第1工程は、第1のプレス型を用いて、突起を形成したい部分に張出し部を形成する工程である。この張出し部が、後に突起となる部分である。ここで、第1工程において、張出し部は、その周縁部の長さ（平坦部と張出し部との境界線間の最大の長さ）が、突起の最終底部長さ（平坦部と最終的に形成された突起との境界線間の最大の長さ）より長くなるように成形する必要がある。これは、張出し部の周縁部の長さが突起の最終底部長さ以下であると、単なる2度押しとなり、弾性回復に起因する形状不良を解消できないためである。

【0024】また、第1工程の成形荷重は、完成した成形品に発生するそり量に影響を及ぼす。従って、張出し部の形状、突起の最終形状、板材の材質、板厚等を考慮して、弾性回復に起因する形状変化が最も小さくなるように、第1工程の成形荷重を定めるとよい。

【0025】また、張出し部は、角部の高さが頂部の高さの約2/3高さとなるように成形することが望ましい。これは、前記の角部の高さで成形すると、張出し部の板厚分布が一樣になり、頂部や角部の局所的な板厚減少を抑制できるためである。また、第2工程において先端が平坦である突起を完成させる際、張出し部の頂部にある材料が突起の角部に流入するので、突起角部の割れを抑制できるという利点もある。

【0026】また、板材に形成された突起先端の角部の割れを抑制するためには、張出し部の高さが突起の最終高さより高くなるように成形することも有効である。これは、張出し部の高さを突起の最終高さより高くすると、第2工程において突起を完成させる際に、張出し部が高さ方向に圧縮されるので、張出し部頂部の材料が突起先端の角部に流入し、角部近傍の板厚減少が抑制されるためである。

【0027】第2工程は、第2のプレス型を用いて、第1工程において形成された張出し部の周縁部近傍の側壁部分を押し、突起を完成させる工程である。ここで、弾性回復に起因する形状不良を効果的に抑制するためには、第2のプレス型により張出し部近傍の側壁部分を押し位置、及びその際の押圧力を最適化することが重要である。具体的には、張出し部の形状、突起の最終形状、板材の材質、板厚等を考慮して、弾性回復に起因する形状変化が最も小さくなるように、第2のプレス型の形状、第2工程の成形荷重等を決定するとよい。

【0028】また、第2工程で形成される突起の最終形状は、成形品の用途に応じた最適な形状とすればよいが、本発明を燃料電池用セパレータの製造方法として適用する場合には、完成した突起の先端が平坦となるようにプレス加工することが望ましい。突起先端を平坦にすると、電極・電解質接合体との接触面積が広くなり、集電効率に優れた燃料電池用セパレータが得られるという利点がある。

【0029】なお、板材に突起を形成する場合において、弾性回復に起因する形状不良と、板厚分布の不均一及びこれに起因する割れを回避するためには、上述したように、プレス加工を少なくとも2段階に分けて行えばよいが、第1工程と第2工程の間に第3工程、あるいはそれ以上の工程を追加してもよい。

【0030】第1工程と第2工程の間に第3工程を追加する場合、第1工程において形成された張出し部の周縁部より内側部分であり、かつ、第2工程において押しされる側壁部分より外側部分を押し、第1工程において形成された張出し部の高さがさらに高くなるように、プレス加工するとよい。

【0031】第3工程において、張出し部の周縁部近傍を圧縮しながら、張出し部の高さをさらに高くすれば、局部的な板厚減少が抑制されるので、割れを生じさせることなく突起の最終高さを高くすることができる。あるいは、第3工程において、張出し部の高さを突起の最終高さより高くした後、突起を完成させる際に張出し部を高さ方向に圧縮すれば、上述したように、突起角部の割れを回避することもできる。

【0032】第4工程以上の複数工程を追加する場合も同様であり、第1工程において形成された張出し部の周縁部近傍が段階的に圧縮され、かつ、張出し部の高さが段階的に高くなるように膨出部をプレス加工するとよ

い。

【0033】次に、本発明に係るプレス加工方法に使用されるプレス型について説明する。図1に、第1工程において用いられる第1のプレス型の一例を示す。図1において、第1のプレス型10は、凹型12と、凸型22からなっている。凹型12は、角形の本体12aの上面に、同一形状を有する多数の凹部14を縦横に刻設したものである。また、本体12aの底部には、凹型12をプレス加工機本体（図示せず）に取り付けるためのねじ穴12bが設けられている。

【0034】凸型22は、同じく、角形の本体22aの上面に、同一形状を有する多数の凸部24を縦横に形成したものであり、凸型22の各凸部24は、凹型12の各凹部14に対応する位置に設けられている。また、本体22aの底部には、凸型22をプレス加工機本体（図示せず）に取り付けるためのねじ穴22bが設けられている。

【0035】図2に、第1のプレス型10を構成する凹型12及び凸型22の拡大平面図及び断面図を示す。図2(a)において、凹型12の表面には、所定のピッチで、複数の角錐台状の凹部14が刻設されている。また、図2(b)において、凸型22の表面には、凹部14と同一ピッチで、複数の凸部24が形成されている。

【0036】また、第2工程において用いられる第2のプレス型（図示せず）は、凹型と凸型からなっている点は第1のプレス型10と同様であるが、凹型の表面に刻設される凹部と、凸型の表面に形成される凸部の形状が異なっている。

【0037】図3に、第2のプレス型30を構成する凹型32及び凸型42の拡大平面図及び断面図を示す。図3(a)において、凹型32の表面には、第1のプレス型10の凹型12に刻設された凹部14と同一ピッチで、複数の角錐台状の凹部34が刻設されている。また、図3(b)において、凸型42の表面には、凹部34と同一ピッチで、複数の凸部44が形成されている。

【0038】ここで、図2に示す第1のプレス型10において、凹型12は、凹部14の対向する内壁面のなす角（以下、これを「対面角」という。） $\alpha_{11}$ が、第2のプレス型30の凹部34の対面角 $\alpha_{31}$ より大きくなっている。また、凹部14の開口端の長さ $L_{12}$ は、凹部34の開口端の長さ $L_{32}$ より長くなっている。これは、第1のプレス型10で形成された張出し部の周縁部近傍の側壁部分を、第2のプレス型30の凹部34の開口端34aで押しつぶすためである。

【0039】なお、凹部14の底部の長さ $L_{11}$ 及び凹部14の深さ $D_{11}$ は任意に定めることができるが、凹部14の深さ $D_{11}$ を凹部34の深さ $D_{31}$ より深くすると、第1工程で成形される張出し部の高さが突起の最終高さより高くなり、第2工程において突起を完成させる際、突起角部の板厚減少を抑制できるという利点があ

る。

【0040】また、図2に例示する第1のプレス型10において、凸型22には、凸部24の先端が丸味を帯びた丸型が用いられている。すなわち、凸部24は、底角の異なる2つの角錐台が重ねられた形状を呈し、その先端は、所定の曲率半径でR面取り加工が施されている。

【0041】この場合、凸部24先端の曲率半径、隣り合う凸部24、24の先端側の外側面のなす角（以下、これを「側面角」という。） $\beta_{21}$ 及び基端側の側面角 $\beta_{22}$ 、凸部24の基端の長さ $L_{22}$ 及び凸部24の側面角が変化する部分の長さ $L_{21}$ 、並びに凸部24の高さ $H_{21}$ は、突起の最終形状、板材の材質、板厚、プレス条件等を考慮して、板厚分布の不均一が最も小さくなるように定めるとよい。

【0042】なお、「丸型」とは、凸部24先端の形状が所定の曲率半径を有する球面状である場合に限定されるものではなく、例えば、凸部24の頂部に形成された比較的面積の小さい平坦面と、これと滑らかにつながる傾斜面によって構成される多面体状である場合も含まれる。あるいは、底角の異なる2つの角錐台を重ねて凸部24とする代わりに、凸部24全体の形状を球面状としてもよい。

【0043】また、図3に例示する第2のプレス型30において、凹型32に刻設される凹部34の底部の長さ $L_{31}$ 及び凹部34の深さ $D_{31}$ は、突起の最終形状に基づいて定められる。なお、凹部34の対面角 $\alpha_{31}$ 及び開口端の長さ $L_{32}$ は、第1工程において形成された張出し部の側壁近傍を押圧できるように定められる点は、上述したとおりである。

【0044】さらに、図3に例示する第2のプレス型30において、凸型42には、凸部44の先端が平坦である平型が用いられている。この場合、凸部44の側面角 $\beta_{41}$ 、凸部44の基端の長さ $L_{42}$ 及び先端の長さ $L_{41}$ は、主に、突起の最終形状に基づいて定められる。

【0045】一方、凸部44の高さ $H_{41}$ は、張出し部の周縁部近傍に付与される伸び変形の大きさと密接な関係がある。従って、凸部44の高さ $H_{41}$ は、張出し部の形状、突起の最終形状、板材の材質、板厚、プレス条件等を考慮して、弾性回復に起因する形状変化が最も小さくなるように定めるとよい。

【0046】次に、本発明に係る板材のプレス加工方法の作用について説明する。プレス加工により板材に多数の突起を成形する場合、図3に示すような形状を有するプレス型30を用いて、1工程でプレス加工するのが一般的である。

【0047】このようなプレス型30を用いて1工程でプレス加工を行った場合、図4(a)に示すように、板材50が凹型32及び凸型42により押圧され、板材50の表面に多数の突起54が形成される。

【0048】この時、突起54の基端54a近傍では、

曲げ応力と引張応力の双方が作用する曲げ引張変形の応力状態になっている。特に、引張応力成分が小さい場合には、図4(b)に示すように、凹型32側には圧縮応力が作用し、凸型42側には引張応力が作用する。そのため、プレス加工後に板材50をプレス型30から取り出すと、弾性回復による曲げモーメントMにより、板材50は、突起54面側に凸に撓んだ状態となる。

【0049】また、図4(a)に示すように、板材50が塑性変形する際、突起54の角部54b近傍は、頂部54cからの材料流入が少ないために、成形に伴う板厚減少が大きくなる。そのため、材料の延性が低い場合、板厚が薄い場合、あるいは、突起54の高さが板厚に比して高い場合には、突起54の角部54bに割れが発生するおそれがある。

【0050】これに対し、本発明に係る板材のプレス加工方法では、図5に示すように、板材50に突起を形成するに際し、第1のプレス型10を用いて板材50に張出し部52を形成する第1工程と、第2のプレス型30を用いて突起54を完成させる第2工程の、少なくとも2工程に分けてプレス加工が行われる。

【0051】しかも、第1工程においては、図5(a)に示すように、張出し部52の周縁部52aの長さaが突起54の最終底部長さbより長くなるように板材50のプレス加工が行われる。また、第2工程においては、図5(b)に示すように、凹部34の開口端34aにより、張出し部52の周縁部52a近傍の側壁部分を押圧するようにプレス加工が行われる。

【0052】そのため、第1工程において板材50表面に張出し部52を形成した時点では、張出し部52の周縁部52a近傍には、弾性回復の原因となる曲げモーメントMが作用した状態になっているが、突起54が完成したときには、図5(c)に示すように、周縁部52aの凹型32側部分に伸び変形が付与される。

【0053】この伸び変形が、弾性回復の原因となる曲げモーメントMを相殺するに必要かつ十分な大きさとなるようにプレス加工が行われた場合には、板厚方向全体が伸び変形となり、弾性回復に起因する形状不良が抑制されると考えられる。

【0054】さらに、第1のプレス型10として、凸型22の凸部24先端が丸型になっているものを用いた場合には、図5(a)に示すように、板材50の塑性変形が比較的均一に行われ、形成された張出し部52の局所的な板厚減少が抑制される。

【0055】板厚分布が均一な張出し部52が形成された板材50を第2のプレス型30を用いて2回目のプレス加工を行うと、図5(b)に示すように、張出し部52の先端が、凹型32の凹部34の底面と凸型42の凸部44の先端面との間で平坦化される際、張出し部52の頂部にある材料が、凸部44の角部44bに向かって流れ込む。そのため、図5(c)に示すように、突起5

4が完成したときには、突起54の角部54b近傍における板厚減少が抑制され、角部54bにおける割れを防止することができる。

【0056】

【実施例】（実施例1）図1～図3に示す第1のプレス型10及び第2のプレス型30を用いて、複数の微小突起が緻密に配列した燃料電池用セパレータのプレス加工を行った。供試材には、ブランク寸法 $57 \times 57$ mm、板厚0.3mmの市販のアルミ合金板（A5052）を用いた。

【0057】なお、第1のプレス型10及び第2のプレス型30の各部の形状の内、凹部14の対面角 $\alpha_{11}$ は $60^\circ$ 、凹部34の対面角 $\alpha_{31}$ は $40^\circ$ とした。また、凹部14、34の深さ $D_{11}$ 及び $D_{31}$ はいずれも0.5mm、底部の長さ $L_{11}$ 及び $L_{31}$ はいずれも1mmとし、凸部44の高さ $H_{41}$ は、0.6mmとした。その他の部分は、型内に材料が完全に充填した場合において、 $40 \times 40$ mmの領域（以下、これを「成形領域」という。）に、突起先端 $1 \times 1$ mm、高さ0.5mmの角錐台状の突起が2mmピッチで $20 \times 20$ 個成形されるように定めた。

【0058】このような供試材及びプレス型を用い、成形領域の周囲を1.2tonfで拘束し、成形荷重を変えてプレス加工を行った。得られた成形品について、その高さ及び突起角部の割れの有無を調べた。

【0059】なお、その高さH（mm）は、図6に示すように、形状測定器を用いてXX'断面における板中央と成形領域外縁の高さの差 $H_1$ （mm）と、YY'断面における板中央と成形領域外縁の高さの差 $H_2$ （mm）を測定し、これらの平均高さ（ $H = (H_1 + H_2) / 2$ ）で表した。また、その高さHの符号は、突起面側が凸に変形した場合を+とし、突起面側が凹に変形した場合を-と定義した。さらに、突起角部の亀裂の有無は、目視により確認した。結果を図7に示す。

【0060】凸型42が平型である第2のプレス型30（以下、これを「プレス型B」という。）のみを用いて1工程でプレス加工を行った場合（図7中、白丸で表示）、成形品はいずれも突起面側が凸に変形し、その高さHは、成形荷重によらず約+0.5mmに達した。

【0061】また、凸型22が丸型である第1のプレス型10（以下、これを「プレス型A」という。）のみを用いてプレス加工を行った場合（図7中、白三角で表示）、その高さHは、成形荷重の影響を受け、成形荷重を15tonfとした場合で+0.560mm、20tonfとした場合で+0.304mmとなった。

【0062】これに対し、プレス型Aを用いて20tonfで張出し部を成形し、プレス型Bを用いて突起を完成させる2工程成形の場合（図7中、黒菱形で表示）、第2工程の成形荷重を15tonfとすると、成形品は、突起面側が凹に変形し、その高さHは、-0.11

0mmまで減少した。しかし、第2工程の成形荷重を20及び25tonfと変化させても、その高さHは、それぞれ、-0.360mm及び-0.283mmとなり、そのりない成形品は得られなかった。

【0063】一方、プレス型Aを用いて15tonfで張出し部を成形し、プレス型Bを用いて突起を完成させる2工程成形の場合（図7中、黒丸で表示）、第2工程の成形荷重を15tonfとすると、その高さHは、+0.025mmとなり、ほとんどそのりない成形品が得られた。

【0064】第2工程における成形荷重を20tonf及び25tonfに増加させると、その高さHの絶対値は大きくなり、それぞれ、-0.118mm及び-0.277mmとなった。これは、成形荷重の増加によって、張出し部の周縁部近傍に付与される伸び変形の大きさが変わるためと考えられる。

【0065】なお、本実施例においては、突起高さに比して板厚が相対的に厚いために、いずれの成形品にも、突起先端の角部に割れは発生しなかった。

【0066】（実施例2）供試材として、板厚0.3mmのSUS430を用いた以外は、実施例1と同様の手順に従い、燃料電池用セパレータのプレス加工を行い、その高さ及び突起先端の割れの有無を調べた。結果を図8に示す。

【0067】プレス型Bのみを用いた1工程成形の場合（図8中、白丸で表示）、成形荷重によらず、その高さHは、+0.5mm程度に達した。また、プレス型Aのみを用いた1工程成形の場合（図8中、白三角で表示）、その高さHは、+0.310mmとなり、そのりない成形品は得られなかった。

【0068】これに対し、プレス型Aを用いて30tonfで張出し部を形成し、プレス型Bを用いて突起を完成させる2工程成形の場合（図8中、黒丸で表示）、第2工程の成形荷重を20tonfとすると、その高さHは、-0.018mmとなり、ほとんどそのりない成形品が得られた。

【0069】第2工程の成形荷重を30tonf及び40tonfに増加させると、その高さHは若干増加して、それぞれ、-0.030mm及び-0.069mmとなったが、1工程成形に比較して、その高さHの絶対値は、大幅に減少した。

【0070】なお、本実施例においては、突起高さに比して板厚が相対的に厚いために、いずれの成形品にも、突起先端の角部に割れは発生しなかった。

【0071】以上の結果から、厚さ0.3mmのアルミ合金板あるいはステンレス鋼板をプレス加工する場合において、第1工程の成形荷重と第2工程の成形荷重を最適化すれば、本発明に係る2工程成形により、ほとんどそのりない成形品が得られることがわかった。

【0072】（実施例3）供試材として厚さ0.2mm



## 11

のアルミ合金板(A1050)を用いて、燃料電池用セバレータのプレス加工を行った。なお、本実施例においては、実施例1で用いたプレス型A及びプレス型Bの他に、凸部44の高さ $H_{41}$ が0.55mmである以外はプレス型Bと同様の構造を有するプレス型(以下、これを「プレス型C」という。)を用いた。得られた成形品について、実施例1と同様の手順に従い、そり高さ及び割れの有無を調べた。結果を図9に示す。

【0073】プレス型Cのみを用いた1工程成形の場合(図9中、白丸で表示)、そり高さHは、成形荷重によらず、+0.30~+0.40mmとなった。また、プレス型Aのみを用いた1工程成形の場合(図9中、白三角で表示)、成形荷重を10tonfとすると、そり高さHは、+0.218mmとなり、そりのない成形品は得られなかった。

【0074】これに対し、プレス型Aを用いて10tonfで張出し部を形成し、プレス型Bを用いて突起を完成させる2工程成形の場合(図9中、黒四角で表示)、第2工程の成形荷重を20tonfとすると、そり高さは、-0.090mmまで減少した。しかし、第2工程の成形荷重を15tonf及び10tonfに減少させても、そり高さは、それぞれ、-0.128mm及び-0.244mmとなり、そりのない成形品は得られなかった。

【0075】一方、プレス型Aを用いて10tonfで張出し部を形成し、プレス型Cを用いて突起を完成させる2工程成形の場合(図9中、黒丸で表示)、第2工程の成形荷重を10tonfとすると、そり高さHは、-0.046mmとなり、ほとんどそりのない成形品が得られた。

【0076】第2工程の成形荷重を15tonf及び20tonfに増加させると、そり高さHは、それぞれ、+0.172mm及び+0.360mmに増加した。これは、第2工程に用いるプレス型の凸部の高さを加減することにより、張出し部の周縁部近傍に付与される伸び変形の大きさが変化するためと考えられる。

【0077】さらに、プレス型Cを用いた1工程成形の場合、成形品の突起角部には、割れが認められた。これに対し、プレス型Aを用いた1工程成形の場合及び2工程成形の場合、成形品の突起角部には、いずれも割れは認められなかった。

【0078】(実施例4)供試材として、厚さ約0.2mmのSUS304焼鈍材を用いた以外は、実施例3と同様の手順に従い、燃料電池用セバレータのプレス加工を行った。得られた成形品について、実施例1と同様の手順に従い、そり高さ及び割れの有無を調べた。結果を図10に示す。

【0079】プレス型Cのみを用いた1工程成形の場合(図10中、白丸で表示)、成形荷重によらず、そり高さHは、+0.31mm~+0.43mmとなった。ま

## 12

た、プレス型Bのみを用いた1工程成形の場合(図12中、白四角で表示)、成形荷重を40tonfとすると、そり高さHは、+0.470mmに達した。さらに、プレス型Aのみを用いた1工程成形の場合(図12中、白三角で表示)、成形荷重を30tonfとすると、そり高さHは、+0.296mmとなり、いずれも、比較的大きなそりが発生した。

【0080】これに対し、プレス型Aを用いて張出し部を形成し、プレス型Bを用いて突起を完成させる2工程成形の場合(図10中、黒四角で表示)、成形荷重を20tonfとすると、そり高さHは-0.166mmまで減少した。しかし、成形荷重を増加させても、そり高さHは-0.20mmを越えており、そりのない成形品は得られなかった。

【0081】一方、プレス型Aを用いて張出し部を形成し、プレス型Cを用いて突起を完成させる2工程成形の場合(図10中、黒丸で表示)、第2工程の成形荷重が小さくなるほど、そり高さHが小さくなる傾向が認められた。また、第2工程の成形荷重を20tonfとすると、そり高さHは、+0.048mmとなり、ほとんどそりのない成形品が得られた。

【0082】さらに、プレス型B又はCを用いた1工程成形の場合、成形品の突起角部には、割れが認められた。これに対し、プレス型Aを用いた1工程成形の場合及び2工程成形の場合、成形品の突起角部には、いずれも割れは認められなかった。

【0083】以上の結果から、厚さ0.2mmのアルミ合金板あるいはステンレス鋼板をプレス加工する場合において、成形荷重及び第2工程に使用するプレス型の凸部の高さを最適化すれば、本発明に係る2工程成形により、ほとんどそりがなく、しかも突起角部に割れのない成形品が得られることがわかった。

【0084】以上、本発明の実施の形態について詳細に説明したが、本発明は上記実施の形態に何ら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しないで種々の改変が可能である。

【0085】例えば、本発明に係るプレス加工方法が適用される板材の材質は、塑性変形可能な他の材料に対しても適用可能である。例えば、上述したアルミ合金板、ステンレス鋼板の他、チタン及びその合金、銅及びその合金、あるいは、Sn及びその合金等に対しても適用できる。また、これらの金属板の表面に、金、Ni、Sn及びその合金、緻密カーボングラファイト等を被覆した板材に対しても適用可能である。

【0086】また、上記実施の形態においては、プレス加工により板材の表面に角錐台状の独立した複数の突起を形成する場合について説明したが、板材の表面に円錐台状の突起を形成する場合、連なった突起を形成する場合、あるいは、独立した突起と連なった突起の双方を同時に形成する場合等に対しても本発明を適用できる。

10

20

30

40

50

【0087】さらに、本発明に係る板材のプレス加工方法は、特に、燃料電池用セパレータの製造方法として好適であるが、本発明の用途はこれに限定されるものではなく、各種工作機械、自動車、家電製品等に用いられる薄板状の部品に対する突起の形成方法として用いることができ、これにより上記実施の形態と同様の効果を得ることができる。

#### 【0088】

【発明の効果】本発明に係るプレス加工方法は、第1のプレス型を用いて突起を形成したい部分に張出し部を形成する第1工程と、第2のプレス型を用いて第1工程において形成された張出し部の周縁部より張出し部の中心に近い内側部分を押し、突起を完成させる第2工程とを備えているので、第1工程において張出し部の周縁部に発生した曲げモーメントが第2工程において相殺され、弾性回復に起因するそりの発生を抑制することができるという効果がある。

【0089】また、第1のプレス型の凸型の頂部を丸型とすれば、板材に張出し部を形成する際、材料の板厚分布を一樣にすることができ、これによって局部的な板厚減少及びこれに起因する割れの発生を抑制することができるという効果がある。

【0090】また、第2のプレス型の凸型の頂部を平型とすれば、完成した突起先端の平坦部の面積を広くすることができ、燃料電池用セパレータに適した成形品が得られるという効果がある。

【0091】また、第1工程と第2工程の間に、第3のプレス型を用いて、第1工程において形成された張出し部の周縁部より張出し部の中心に近い内側部分であり、かつ、第2のプレス型と張出し部が接する部分より外側部分を押し、第1工程において形成された張出し部の高さをさらに高くする工程を加えた場合には、局部的な板厚減少に起因する割れの発生をさらに抑制することができるという効果がある。

【0092】さらに、塑性変形可能な板材として燃料電池セパレータ用材料を用いれば、板厚が薄く、しかも多数の微小突起が緻密に配列した、集電性能に優れた燃料電池用セパレータを安価に製造できるという効果がある。

【0093】以上のように、本発明によれば、板材をプレス加工する際に生ずる形状不良と割れの問題を同時に解決することができるので、これを例えば、燃料電池用セパレータの製造方法に適用すれば、燃料電池の低コスト化、信頼性の向上、発電効率の向上等に寄与するもの

であり、産業上その効果の極めて大きい発明である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)は、第1工程で用いられる第1のプレス型を構成する凹型の平面図及びそのA-A'線断面図であり、図1(b)は、凸型の平面図及びそのB-B'線断面図である。

【図2】図2(a)は、図1(a)に示す凹型の拡大平面図及びそのA-A'線断面図であり、図2(b)は、図1(b)に示す凸型の拡大平面図及びそのB-B'線断面図である。

【図3】図3(a)は、第2工程で用いられる第2のプレス型を構成する凹型の拡大平面図及びそのA-A'線断面図であり、図3(b)は、凸型の拡大平面図及びそのB-B'線断面図である。

【図4】図4(a)は、1工程成形の際に局部的な板厚減少が生じた状態を示す図であり、図4(b)は、突起の周縁部に発生した残留応力を示す図である。

【図5】図5(a)は、第1工程終了後の板材の変形状態を示す図であり、図5(b)及び図5(c)は、第2工程時の板材の変形過程を示す図である。

【図6】プレス加工後に生ずる板材のそり高さの測定方法を説明する図である。

【図7】厚さ0.3mmのアルミ合金板(A5052)をプレス加工した場合における成形荷重とそり高さの関係を示す図である。

【図8】厚さ0.3mmのステンレス鋼板(SUS430)をプレス加工した場合における成形荷重とそり高さの関係を示す図である。

【図9】厚さ0.2mmのアルミ合金板(A1050)をプレス加工した場合における成形荷重とそり高さの関係を示す図である。

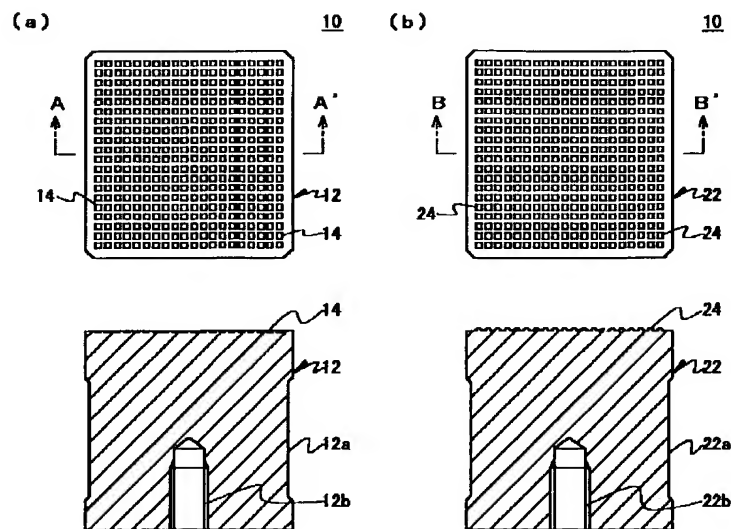
【図10】厚さ0.2mmのステンレス鋼板(SUS304焼鈍材)をプレス加工した場合における成形荷重とそり高さの関係を示す図である。

#### 【符号の説明】

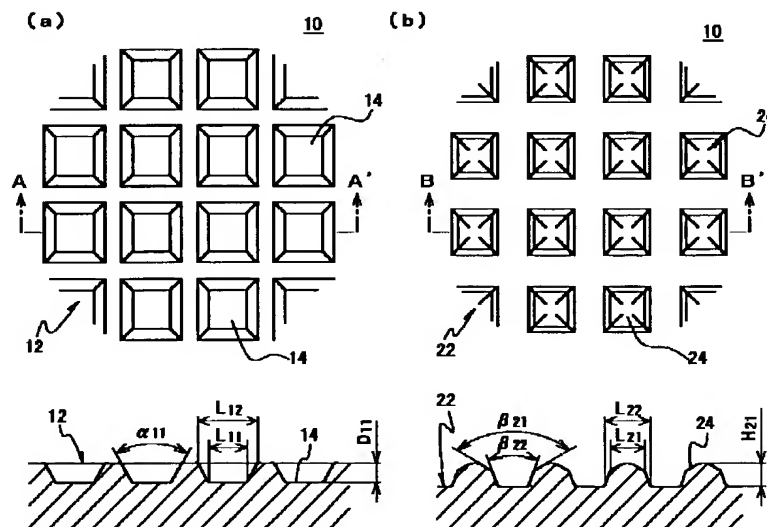
10	第1のプレス型
22	凸型
30	第2のプレス型
42	凸型
50	板材
52	張出し部
52a	周縁部
54	突起



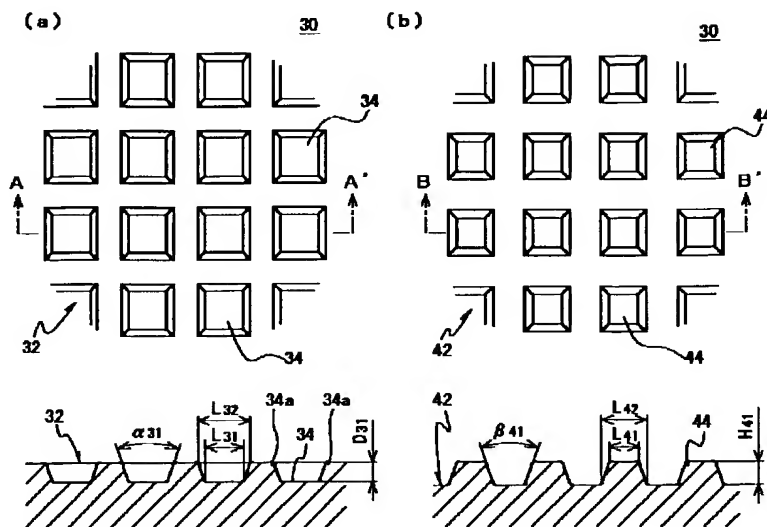
【図1】



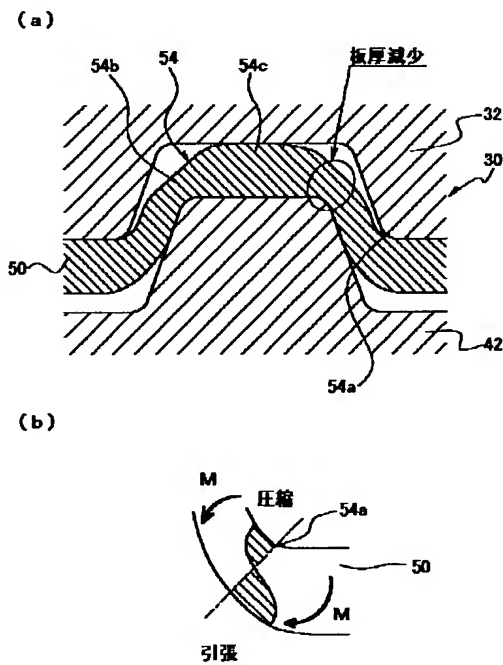
【図2】



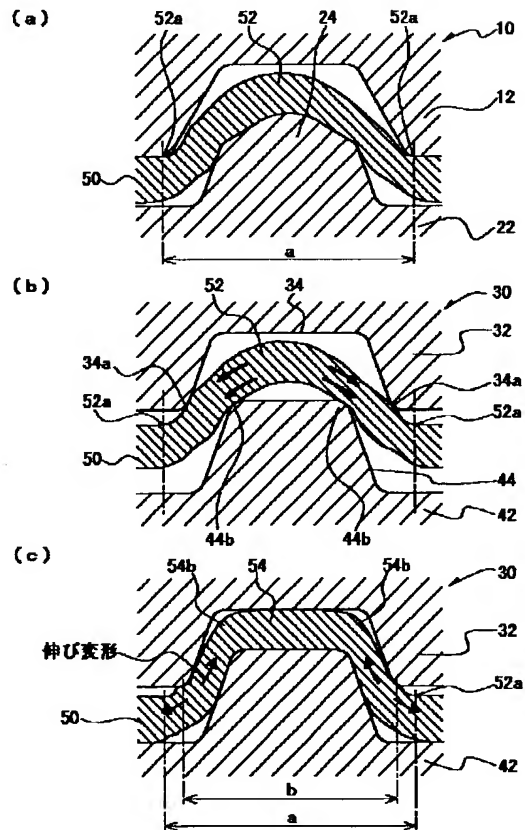
【図3】



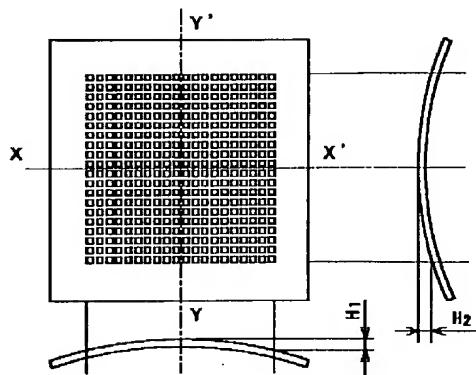
【図4】



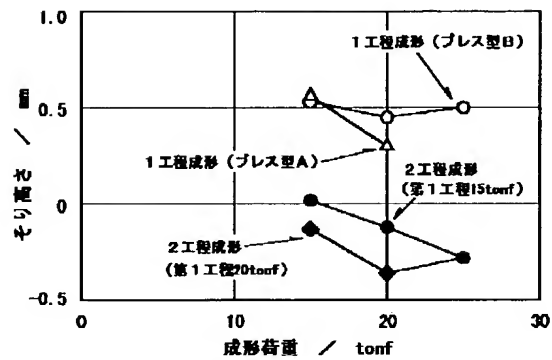
【図5】



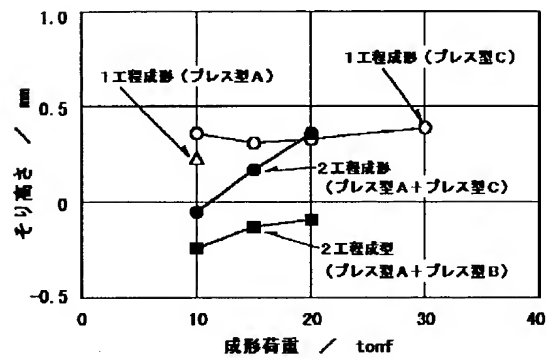
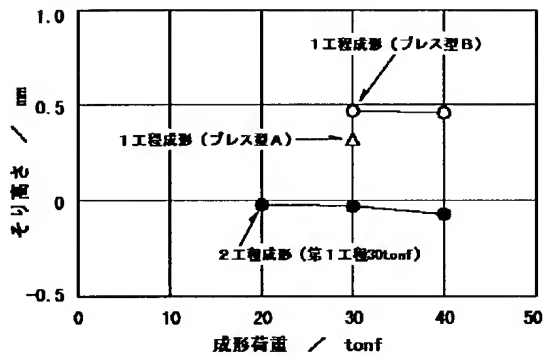
【図6】



【図7】



【図8】



【図10】

